

(51)

Int. Cl.:

B 04 b, 5/12

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

(52)

Deutsche Kl.: 82 b, 9

(10)
(11)

Offenlegungsschrift 2 152 840

(21)
(22)
(23)

Aktenzeichen: P 21 52 840.5
Anmeldetag: 23. Oktober 1971
Offenlegungstag: 31. Mai 1972

Ausstellungsriorität: —

(30)
(32)
(33)
(31)

Unionspriorität
Datum: 30. Oktober 1970
Land: V. St. v. Amerika
Aktenzeichen: 85348

(54)

Bezeichnung: Zentrifuge und Verfahren zu ihrem Auswuchten

(61)
(62)
(71)

Zusatz zu: —
Ausscheidung aus: —
Anmelder: Technicon Instruments Corp., Tarrytown, N. Y. (V. St. A.)

Vertreter gem. § 16 PatG: Reichel, W., Dr.-Ing.; Reichel, W., Dipl.-Ing.; Patentanwälte, 6000 Frankfurt

(72)

Als Erfinder benannt: Livshitz, Stanley L., Bronx, N. Y.;
Mayo, Robert Alan, Verona, N. J. (V. St. A.)

Prüfungsantrag gemäß § 28b PatG ist gestellt

DT 2 152 840

2152840

Patentanwälte
Dr.-Ing. Wilhelm Reichel
Dipl.-Ing. Wolfgang Reichel
6 Frankfurt a. M. 1
Parkstraße 13

6804

TECHNICON INSTRUMENTS CORPORATION, Tarrytown, N.Y., VStA

Zentrifuge und Verfahren zu ihrem Auswuchten

Die Erfindung bezieht sich auf eine Zentrifuge mit einem an einer drehbaren Welle befestigten Zentrifugenrad, längs dessen Rand mehrere becherförmige Halter schwenkbar angeordnet sind, in die Probenbehälter mit den zu zentrifugierenden Flüssigkeiten einsetzbar sind, und mit einem die Welle antreibenden Motor. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Auswuchten einer derartigen Zentrifuge.

Zentrifugen der eingangs beschriebenen Art dienen zum Durchführen eines Trennungsvorgangs in kleinen Probenmengen chemischer oder biologischer Fluide, beispielsweise von Blutproben. Die Proben befinden sich in mehreren kleinen rohrförmigen Behältern, die am Rand des Zentrifugenrades angeordnet sind.

.. / 2

209823/0607

Eine der Hauptschwierigkeiten beim Betrieb derartiger Zentrifugen ist die durch ungleichmäßige Belastung der Zentrifuge auftretende Unwucht. Die ungleichmäßige Belastung ist auf zwei Gründe zurückzuführen. Zum einen sind die einzelnen Probenbehälter mit den zu zentrifugierenden Flüssigkeiten ungleichmäßig gefüllt. Dies hat jedoch keine allzu große Bedeutung. Schlimmer ist, daß zum anderen einige der becherförmigen Halter der Zentrifuge mit leeren Probenbehältern oder überhaupt nicht bestückt werden.

Die bekannten Maßnahmen zum Vermeiden einer auf den obigen Tatsachen beruhenden Unwucht sind nicht befriedigend. So ist es beispielsweise unpraktisch, mit dem Betrieb der Zentrifuge solange zu warten, bis alle Probenhalter mit gefüllten Probenbechern bestückt sind. Manche Untersuchungen müssen nämlich sehr schnell und ohne Zeitverzögerung durchgeführt werden. Dabei ist es unmöglich, solange zu warten, bis hinreichend viele Proben für alle Probenbecher vorhanden sind. Eine weitere Möglichkeit zum Ausschalten der Unwucht besteht darin, die Zentrifuge symmetrisch zu beladen, also die bestückten Halter gleichmäßig längs des Randes der Zentrifuge zu verteilen. Ferner besteht die Möglichkeit, in die leeren Halter mit Wasser gefüllte Probenbehälter einzusetzen. Derlei Maßnahmen sind jedoch unpraktisch und mit Nachteilen verbunden. So tritt zum einen eine längere Bearbeitungszeit auf. Weiterhin ist es äußerst wichtig, daß eine genaue Identifizierung der Proben erhalten bleibt. Um die letztgenannte Forderung zu erfüllen, werden die Proben im allgemeinen in einer genau vorgegebenen Reihenfolge bearbeitet und ohne Zwischenraum in die Zentrifuge eingesetzt. Wenn man von diesen Grundsätzen abweicht, kommt es leicht zu Verwechslungen und Vertauschungen von Proben. Weiterhin wurde es bereits vorgeschlagen, eine Zentrifuge der beschriebenen Art in Verbindung mit einem automatischen Probenanalysierautomaten zu verwenden.

Dazu ist es unbedingt erforderlich, daß die Proben kontinuierlich, also ohne Unterbrechung, nacheinander in unmittelbar benachbarte Probenhalter eingesetzt werden. Der obige Vorschlag ist Gegenstand einer älteren Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen P 21 43 664.6.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum selbsttätigen Auswuchten einer Zentrifuge und eine Zentrifuge anzugeben, die in der Lage ist, eine auftretende Unwucht selbsttätig zu kompensieren.

Zu diesem Zweck ist das eingangs beschriebene Verfahren nach der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß in dem Zentrifugenrad eine ringförmige Kammer vorgesehen wird, daß die Zentrifuge bezüglich ihrer Achse wie ein Pendel allseitig schwenkbar angeordnet wird, daß die Zentrifuge durch Federn in einer praktisch senkrechten Lage federnd gehalten wird, daß mindestens zwei Ausgleichskörper frei beweglich in die ringförmige Kammer eingebracht werden und daß die Zentrifuge mit einer Drehzahl betrieben wird, die über der der Eigenschwingungsfrequenz der federvorgespannten Pendelanordnung entsprechenden Drehzahl liegt, so daß die Ausgleichskörper in der Kammer Stellungen einnehmen, bei denen die durch einen unausgeglichenen Belastungszustand hervorgerufene Unwucht kompensiert wird.

Die eingangs beschriebene Zentrifuge zeichnet sich nach der Erfindung dadurch aus, daß eine Stützeinrichtung die Welle derart unterstützt, daß sie um einen Drehpunkt auf ihrer Längsachse allseitig schwenkbar ist, daß die Stützeinrichtung eine Federeinrichtung aufweist, die die Welle in einer praktisch senkrechten Lage federnd hält, daß das Zentrifugenrad in einem Abstand von dem Drehpunkt an der Welle befestigt ist, daß das Zentrifugenrad eine mit der Welle konzentrische ringförmige Kammer aufweist, daß ein

Gegengewicht die Kammer teilweise ausfüllt und daß das Gegengewicht derart beweglich angeordnet ist, daß es bei Drehzahlen, die über der der Eigenschwingungsfrequenz der kombinierten Zentrifugenrad - Wellen - Anordnung entsprechenden Drehzahl liegen, innerhalb der Kammer selbsttätig eine solche Winkellage einnimmt, daß die durch eine ungleichmäßige Belastung der Halter hervorgerufene Unwucht kompensiert wird.

Dabei ist es äußerst zweckmäßig, daß das Gegengewicht in der gleichen axialen Ebene angeordnet ist wie die umlaufenden Probenbehälter beim Betrieb der Zentrifuge. Weiterhin ist es mit einem großen Vorteil verbunden, wenn die Oberfläche des Gegengewichts und bzw. oder die von dem Gegengewicht berührte Oberfläche der ringförmigen Kammer rutschfest ausgebildet sind, so daß das bewegliche Gegengewicht einen gewissen Reibungswiderstand überwinden muß.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand von Figuren beschrieben.

Die Fig. 1 zeigt teilweise im Schnitt eine Seitenansicht einer Ausführungsform der Erfindung.

Die Fig. 2 ist eine teilweise geschnittene Ansicht auf die in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsform längs der Linie 2 - 2.

Wie in der Fig. 1 dargestellt, enthält ein Zentrifugenrad 10 einen abnehmbaren oberen Radkörper 12, der einen Teller zum Haltern von zahlreichen Probenbehältern 14 bildet. In die Probenbehälter wird eine Flüssigkeit gegeben, die durch Zentrifugieren getrennt werden soll. Ferner enthält das Zentrifugenrad 10 einen unteren nicht entfernabaren Radkörper 16, der an einer drehbaren Welle 18 befestigt ist.

Die Welle 18 ist die Verlängerung einer Antriebswelle eines Antriebsmotors 20, der zum Antrieb des Zentrifugenrads 10 dient.

Die bis jetzt beschriebenen Teile sind auf einer Stützplatte 22 befestigt, die schwenkbar mit einem Kugelgelenk 24 auf einem Grundkörper 26 gelagert ist. Der Grundkörper 26 kann ein Teil einer größeren starren Konstruktion darstellen oder starr am Boden befestigt sein. Die Stützplatte 22 wird von mehreren Federn 28, die am Rand der Platte angeordnet sind, in einer praktisch horizontalen Lage gehalten. Infolge dieser Federvorspannung wird die Welle 18 der Zentrifuge in einer praktisch senkrechten Stellung gehalten. Das Kugelgelenk 24 ist konzentrisch mit der Mittenschwinge der Welle 18 angeordnet. Infolge der beschriebenen Kugellagerung der Zentrifuge und Federvorspannung der Welle 18 in eine senkrechte Stellung kann man die gesamte Anordnung als ein umgekehrtes Pendel ansehen. Mit dem Kugelgelenk 24 als Drehpunkt weist das Pendel eine Eigen-Schwingungsfrequenz auf, die von den Abmessungen und Eigenschaften der gesamten Anordnung abhängt, insbesondere von der Masse des Zentrifugenrads 10 und der Federkonstanten der Federn 28.

Der untere Radkörper 16 des Rades 10 begrenzt eine ringförmige Kammer 30, die ein Gegengewicht 32 enthält, das sich selbsttätig innerhalb der hohlen Kammer verschiebt, um eine durch die Beschickung der Probenbehälter 14 entstandene Unwucht auszugleichen. Der selbsttätige Ausgleichsvorgang wird noch im einzelnen beschrieben.

Der tellerförmige obere Radkörper 12 weist Halter 34 und 34A für die Probenbehälter 14 auf. Die Halter 34 und 34A sind an Stellen 36 am Rand des Radkörpers 12 derart schwenkbar gehalten, daß sie bei sich drehendem Zentrifugenrad 10 unbehindert radial nach außen schwenken können.

Wie bereits erwähnt, können die einzelnen Probenbehälter 14 ungleichmäßig gefüllt sein. Darüber hinaus können einige Halter 34A überhaupt keinen Probenbehälter enthalten. Infolge dieser beiden Tatsachen kann die Zentrifuge in einem hohen Maß unwuchtig sein. Demzufolge führt die arbeitende Zentrifuge Taumel- und Schlagbewegungen aus. Die rotierende Welle 18 beschreibt dabei einen Rotationskonus. Der Mittelpunkt der Taumelbewegung ist das Kugelgelenk 24. Die Taumel- und Schlagbewegung wird durch die Federn 28 begrenzt. Die Taumelbewegung wird im folgenden Rotationsvibration oder nur Vibration genannt. Der in der Fig. 1 dargestellte unausgeglichene Zustand wird durch den in den Halter 34 eingesetzten Probenbehälter 14 und durch das Fehlen eines Probenbehälters im Halter 34A hervorgerufen. Bei Drehzahlen, die unter der Eigenschwingungsfrequenz der Anordnung liegen, hat das Gegengewicht 32 die Neigung, innerhalb der Kammer 30 zu der unausgeglichenen Seite des Zentrifugenrades 10 zu gleiten, so daß das Gegengewicht keine Kompensationsfunktion übernimmt. Sobald jedoch die Drehzahl des Zentrifugenrades die Eigenschwingungsfrequenz der Pendelanordnung übersteigt, tritt bei den auf das Gegengewicht 32 einwirkenden Kräften eine Phasenumkehr auf, so daß sich jetzt das Gegengewicht 32 innerhalb der Kammer 30 zu der weniger belasteten Seite des Zentrifugenrades verschiebt, um die unausgeglichenen Kräfte zu kompensieren.

Das Prinzip der Phasenumkehr und der selbsttätigen Stellungseinnahme des Gegengewichts 32 in einem umgekehrten Pendel der beschriebenen Art ist in der folgenden Literaturstelle im einzelnen beschrieben: Shock and Vibration Handbook, Band I, Seiten 6-25, 6-26, McGraw Hill, 1961. Bei dem Gegengewicht 32 kann es sich um eine Flüssigkeit handeln. Vorzugsweise besteht das Gegengewicht jedoch aus mindestens zwei festen Körpern, die innerhalb der Kammer 30

gleiten oder rollen können, um die Kompensationswirkung vorzunehmen.

Es ist zweckmäßig, zusätzliche Pufferfedern 42 vorzusehen, um zu verhindern, daß bei Drehzahlen, die unter der Eigenschwingungsfrequenz liegen, die Taumelbewegung zu stark wird, falls die Unwucht zu groß ist. Dadurch wird eine Beschädigung der Anordnung vermieden. Weiterhin kann man auch hydraulische energieverzehrende Bauelemente 38 mit einem Tauchkolben 40 vorsehen. Die hydraulischen energieverzehrenden Bauelemente 38 verhindern eine starke Vibrationsanfachung, wenn die Eigenschwingungsfrequenz der umgekehrten Pendelanordnung erreicht wird. Das hydraulische Bauelement 38 kann ein Fluid enthalten, das gezwungen wird, durch eine kleine Öffnung zu strömen. Die Bauelemente 38 können an der Stützplatte 22 fest angebracht sein, beispielsweise durch eine Schraubenverbindung. Der Kolben 40 kann eine kugelförmige untere Oberfläche haben, die auf dem Grundkörper 26 ruht und von einer im inneren des Bauelements 38 angeordneten Feder gegen den Grundkörper gedrückt wird. Man kann beispielsweise längs des Randes der Stützplatte 22 zwischen zwei Federn 28 jeweils ein hydraulisches energieverzehrendes Bauelement 38 vorsehen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind drei Federn 38 und drei energieverzehrende Bauelemente 38 gleichmäßig längs des Randes der Stützplatte 22 verteilt. Bei dem hydraulischen Bauelement 38 kann es sich beispielsweise um kleine hydraulische Stoßdämpfer handeln, die von der Firma Special Products Division of Integrated Dynamics Inc., 2206 Elmwood Avenue, Buffalo, New York, unter einer Typenreihe mit der Vorsilbe "SH" auf den Markt gebracht werden. Man kann aber auch andere hydraulische Bauelemente verwenden, die beispielsweise mit Drehdämpfern ausgerüstet sind, die zwischen der Stützplatte 22 und dem Grundkörper 26 mit Drehbetätigungsarmen und Verbindungsstangen gekoppelt sind. Weiterhin besteht die

Möglichkeit, durch Verwendung von Gummifedern anstelle der Federn 28 eine Energieabsorption vorzunehmen, da Gummi bei seiner Verformung Energie verbraucht.

Wie es aus der Fig. 2 hervorgeht, besteht das Gegengewicht 32 vorzugsweise aus mindestens zwei festen Körpern 32A und 32B, bei denen es sich vorzugsweise um Zylinder oder Kugeln mit einem in Draufsicht kreisförmigen Profil handelt. Diese Körper gelangen durch eine rotierende Gleitbewegung in ihre Kompensationsstellung, beispielsweise in die Stellung 32A' und 32B'. Vorzugsweise werden zylindrische Körper 32A und 32B verwendet, da die dabei auftretende geringe Reibung der Zylinderstirnflächen auf dem Boden der Kammer 30 bei geringen Drehzahlen zu einer größeren Stabilität der Körper führt und einen ruhigeren Lauf zur Folge hat. Bei den höheren Drehzahlen, bei denen eine Kompensation stattfindet, sind die auf die Körper 32A und 32B einwirkenden Zentrifugalkräfte derart groß, daß die infolge der Schwerkraft hervorgerufene Gleitreibung die Bewegung der Körper nicht beeinträchtigt. Es hat sich gezeigt, daß infolge der Reibung der zylindrischen Körper auf der Bodenoberfläche der Kammer 30 die dabei entstehende Reibungskraft ausreicht, die zylindrischen Körper in ihrer dynamisch ausgewuchten Stellung zu halten, wenn die Zentrifuge zur Beendigung des Zentrifugierens abgeschaltet wird und ihre Drehzahl abfällt. Die Zentrifuge bleibt daher ausgewuchtet, auch wenn die Drehzahl unter die entsprechende Eigenschwingungsfrequenz der Anordnung abfällt. Darüber hinaus verhindert der Reibungswiderstand der zylindrischen Körper am Boden der Kammer 30, daß die Körper während der Beschleunigungsphase der Zentrifuge zu der unausgeglichenen Seite der Zentrifuge wandern. Dieses günstige Verhalten kann man noch dadurch verstärken, daß die Bodenoberfläche der Kammer und bzw. oder die Stirnflächen der zylindrischen Körper derart ausgebildet werden, daß Gleit- oder Rutschbewegungen behindert werden.

Das Erhöhen der Rutschfestigkeit kann man auf verschiedene Arten vornehmen, beispielsweise dadurch, daß die entsprechenden Oberflächen profiliert oder aufgerauht werden, so daß eine Blockierungs- oder Verriegelungswirkung erzielt wird.

Bei dem in der Fig. 1 dargestellten Gegengewicht 32 handelt es sich vorzugsweise ebenfalls um einen Zylinder, beispielsweise um den zylindrischen Körper 32A. Wie bereits erwähnt, wird eine zylindrische Form bevorzugt. In diesem Zusammenhang sei herausgestellt, daß bei der Verwendung von festen Körpern vorzugsweise mindestens zwei Körper vorhanden sind, so daß eine symmetrische Verschiebung der Körper in der Kammer 30 ermöglicht wird, um bezüglich der unwuchtigen Stelle des Zentrifugenrades eine symmetrische Seitenauswuchtung zu erzielen. Wenn daher die Körper 32A und 32B aus der in der Fig. 2 dargestellten Stellung in die bei 32A' und 32B' angedeutete Stellung wandern, bewegen sie sich gleichzeitig in einer koordinierten Weise zu beiden Seiten der Kammer 30 solange, bis eine Auswuchtung erzielt ist. Wenn eine maximale Unwucht zu kompensieren ist, bewegen sich die Ausgleichskörper in eine der ursprünglichen Stellung gegenüberliegende extreme Stellung, in der sich die Körper bei der Darstellung nach der Fig. 2 unten berühren würden. Falls das Zentrifugenrad ohne Berücksichtigung der Körper 32A und 32B ausgewuchtet ist, nehmen die Körper 32A und 32B eine Stellung ein, in der sie sich diametral gegenüber liegen. Bei irgendeinem unausgeglichenen Zwischenzustand nehmen die Körper eine entsprechende Zwischenstellung ein, beispielsweise die durch die Bezugszeichen 32A' und 32B' in der Fig. 2 dargestellte Stellung.

Obwohl in den Zeichnungen nur zwei Körper 32A und 32B dargestellt sind, können auch drei, vier oder noch mehr Körper

verwendet werden. Es ist jedoch zweckmäßig, höchstens den halben in der Kammer 30 zur Verfügung stehenden Raum mit Ausgleichskörpern anzufüllen, damit sich die Körper zum selbsttätigen Auswuchten der Anordnung ungehindert verschieben können. Wenn mehr als die Hälfte der Kammer 30 mit Körpern besetzt ist, wird keine maximale Kompensationswirkung erzielt. Obwohl in den Figuren große Ausgleichskörper dargestellt sind, die praktisch die gesamte Querschnittsfläche der Kammer 30 ausfüllen, können auch kleinere Ausgleichskörper verwendet werden, die miteinander verschachtelt sind und von denen zwei oder mehrere den ringförmigen Querschnitt der Kammer 30 ausfüllen.

Der obere Radkörper 12 des Zentrifugenrades 10 ist derart ausgebildet, daß er durch Anheben in senkrechte Richtung sehr leicht von den übrigen Teilen der Zentrifuge abgenommen werden kann. Hierzu ist der obere Radkörper 12 in der Mitte mit einer von Hand leicht erfaßbaren Verdickung oder einem Griff versehen. Dadurch kann man den tenderartigen oberen Radkörper 12 zusammen mit den bestückten Haltern 34 sehr schnell aus der Zentrifuge herausnehmen und in eine Vorrichtung zur fortlaufenden automatischen Analyse einsetzen. Diese Maßnahmen sind bereits Gegenstand einer älteren Patentanmeldung (P 21 43 664.6).

Eine wichtige Maßnahme der Erfindung ist darin zu sehen, daß sich das Gegengewicht 32 innerhalb der Kammer 30 in einer senkrechten Stellung befindet, die mit der unausgeglichenen Belastung der Halter 34 praktisch horizontal ausgerichtet ist. Obwohl die dem Ruhezustand der Zentrifuge entsprechende Darstellung nach der Fig. 1 eine derartige vollkommene horizontale Ausrichtung nicht erkennen läßt, wird diese beim Betrieb der Zentrifuge erreicht, und zwar dadurch, daß die Halter 34, unabhängig davon, ob sie bestückt sind oder nicht, um ihren Anlenkpunkt 36 radial

nach außen geschwenkt werden, so daß der Schwerpunkt jedes Halters 34 angehoben wird und mit dem Gegengewicht 32 praktisch in einer horizontalen Ebene liegt. Diese Maßnahme ist äußerst wichtig, da dadurch, wenn der ausgewuchtete Zustand erreicht ist, ein wesentlich besserer Ausgleich erzielt wird, nämlich ein Zustand, bei dem keine Kräftepaare auftreten. Falls das Gegengewicht 32 eine andere senkrechte Lage einnimmt, treten an der Welle 18 Kräftepaare auf, die das Kugelgelenk 24 belasten und versuchen, die Welle 18 durchzubiegen. Derartige Kräftepaare sind unerwünscht, da sie zusätzliche Vibrationserscheinungen hervorrufen und darüber hinaus einen übermäßigen Verschleiß an den Lagern des Motors und an der Kugelgelenkklagerung 24 zur Folge haben. Um dem vorzeitigen Verschleiß zu begegnen, müßten die Lager und die Welle 18 stärker ausgeführt sein.

Infolge des nach der Erfindung erzielten vollkommenen dynamischen Ausgleichs ist es möglich, ohne Verwendung des festen Kugelgelenks 24 einen hinreichend guten Betrieb der Anordnung zu erzielen. In diesem Fall wird die senkrechte Unterstützung der Zentrifuge durch die Federn 28 und durch die energieaufzehrenden Bauelemente 38 vorgenommen. Bei einer derartigen Ausführungsform tritt bei Unwucht eine Rüttelbewegung der Platte 22 um einen Gelenkpunkt auf. Eine ortsfeste Kugelgelenkklagerung 24 wird vorgezogen, da dadurch die senkrechte Stabilität der Zentrifuge verbessert wird. Anstelle des gezeigten Kugelgelenks kann man auch verschiedenartige Universalgelenke benutzen.

Die gelenkgelagerte Pendelanordnung der beschriebenen Zentrifuge bietet zahlreiche Vorteile. Wenn die Zentrifuge ins Trudeln gerät, arbeiten nicht nur die Federn 28, sondern auch die auf der Kreiselwirkung beruhenden Kräfte des rotierenden Rades 10 gegen die Anfangsabweichungen der Welle 18 von der senkrechten Lage. Da die auftretenden

Taumelbewegungen eine Kippung der Rotationsachse mit sich bringen, tritt nämlich Gyroskopstabilisierung auf.

Die umgekehrte Pendelanordnung bietet dadurch, daß sich die gesamte Zentrifuge über dem Pendeldrehpunkt befindet, einen weiteren entscheidenden Vorteil. Dieser ist darin zu erblicken, daß die Schwerkraft, die auf die kombinierte Anordnung aus dem Zentrifugenrad 10 und der Welle 18 einwirkt, immer dann, wenn die Anordnung gegenüber der Vertikalen geschwenkt wird, die Neigung hat, die scheinbare Masse des Pendels zu vergrößern und damit die Eigenschwingungsfrequenz des Pendels herabzusetzen. Mit Hilfe dieser Erscheinung und durch Wahl eines geeigneten Verhältnisses zwischen der Masse der Zentrifuge und der Federkonstanten der Federn 28 tritt die Eigenschwingungsfrequenz der Anordnung bereits bei einer verhältnismäßig niedrigen Drehzahl auf. Der größte Teil des Drehzahlbereichs der Zentrifuge liegt somit über der der Eigenschwingungsfrequenz entsprechenden Drehzahl. Daher wird bereits während des größten Teils der Beschleunigungs- und Bremsphase sowie selbstverständlich bei voller Drehzahl ein vollständiges Auswuchten der Anordnung erzielt.

Dies stellt insofern einen beachtlichen technischen Fortschritt dar, als ein dynamisches Auswuchten der Anordnung bereits bei sehr kleinen Drehzahlen erreicht wird, also bereits vor solchen Drehzahlen, bei denen große Zentrifugalkräfte auftreten. Bei einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die der Eigenschwingungsfrequenz entsprechenden Drehzahl weniger als 10 % der vollen Betriebsdrehzahl. So liegt bei einer tatsächlichen Anordnung die der Eigenschwingungsfrequenz entsprechende Drehzahl beispielsweise bei 100 Umdrehungen pro Minute, während die volle Betriebsdrehzahl mindestens 1.500 Umdrehungen pro Minute, ja meistens sogar 2.250 Umdrehungen pro Minute oder noch mehr beträgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Auswuchten einer Zentrifuge mit mehreren längs des Randes eines Zentrifugenrades angeordneten getrennten becherförmigen Haltern, in die Probenbehälter mit den zu zentrifugierenden Flüssigkeiten einsetzbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Zentrifugenrad eine ringförmige Kammer vorgesehen wird, daß die Zentrifuge bezüglich ihrer Längsachse wie ein Pendel allseitig schwenkbar angeordnet wird, daß die Zentrifuge durch Federn in einer praktisch senkrechten Stellung federnd gehalten wird, daß mindestens zwei Ausgleichskörper freibeweglich in die ringförmige Kammer eingebracht werden und daß die Zentrifuge mit einer Drehzahl betrieben wird, die über der der Eigenschwingungsfrequenz der federvorgespannten Pendelanordnung entsprechenden Drehzahl liegt, so daß die Ausgleichskörper in der Kammer Stellungen einnehmen, bei denen die durch einen unausgeglichenen Belastungszustand der Zentrifugenhalter hervorgerufene Unwucht kompensiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichskörper innerhalb der ringförmigen Kammer bezüglich der Drehachse des Zentrifugenrades praktisch in der gleichen Ebene angeordnet werden, in der sich die becherförmigen Halter in ihrem Betriebszustand befinden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zentrifuge in Form eines umgekehrten Pendels gelagert ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraft der Federn, die die Zentrifuge in eine praktisch senkrechte axiale Stellung vorspannen, derart gewählt wird, daß die Eigenschwingsfrequenz der Zentrifuge einer Zentrifugendrehzahl entspricht, die kleiner als 10 % der normalen vollen Betriebsdrehzahl der Zentrifuge ist.
5. Zentrifuge mit einem an einer drehbaren Welle befestigten Zentrifugenrad, längs dessen Rand mehrere becherförmige Halter schwenkbar angeordnet sind, in die Probenbehälter mit den zu zentrifugierenden Flüssigkeiten einsetzbar sind, und mit einem die Welle antreibenden Motor, dadurch gekennzeichnet, daß eine Stützeinrichtung (22, 24, 26, 28) die Welle (18) derart unterstützt, daß sie um einen Drehpunkt auf ihrer Längsachse allseitig schwenkbar ist, daß die Stützeinrichtung eine Federeinrichtung (28) aufweist, die die Welle in einer praktisch senkrechten Stellung federnd hält, daß das Zentrifugenrad (10) in einem Abstand von dem Drehpunkt auf der Welle befestigt ist, daß das Zentrifugenrad eine mit der Welle konzentrische ringförmige Kammer (30) aufweist, daß ein Gegengewicht (32) die Kammer teilweise ausfüllt und daß das Gegengewicht derart beweglich angeordnet ist, daß es bei Drehzahlen, die über der der Eigenschwingsfrequenz der kombinierten Zentrifugenrad-Wellen-Anordnung entsprechenden Drehzahl liegen, innerhalb der Kammer selbsttätig eine solche Winkellage einnimmt, daß die durch eine ungleichmäßige Belastung der Halter (34, 34A) hervorgerufene Unwucht kompensiert wird.

.. / 15

209823/0607

6. Zentrifuge nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß das Gegengewicht (32) innerhalb der ringförmigen Kammer (30) bezüglich der Längsachse der Welle (18) praktisch in einer solchen radialen Ebene angeordnet ist, in der sich die becherförmigen Halter (34, 34A) in ihrem dynamischen Betriebszustand befinden.
7. Zentrifuge nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß das Gegengewicht (32) aus mehreren festen Körpern (32A, 32B) besteht.
8. Zentrifuge nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die festen Körper (32A, 32B) in Draufsicht ein kreisförmiges Profil haben.
9. Zentrifuge nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Stützeinrichtung (22, 24, 26, 28) eine Halterungseinrichtung enthält, die die Welle (18) in einer praktisch fest liegenden vertikalen Stellung hält, jedoch in einem begrenzten Umfang eine allseitige Schwenkabweichung aus der senkrechten Stellung zuläßt.
10. Zentrifuge nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Halterungseinrichtung ein in dem Drehpunkt angeordnetes Kugelgelenkklager (24) enthält.
11. Zentrifuge nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die kombinierte Zentrifugenrad-Wellen-Anordnung wie ein umgekehrtes Pendel gelagert ist und daß sich der Drehpunkt unterhalb des Zentrifugenrades (10) befindet.

12. Zentrifuge nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Eigenschwingungsfrequenz der Zentrifuge einer Zentrifugendrehzahl entspricht, die kleiner als 10 % der normalen vollen Betriebsdrehzahl der Zentrifuge ist.
13. Zentrifuge nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützeinrichtung einen ortsfesten Grundkörper (26) aufweist, an dem das Kugelgelenkklager (24) befestigt ist, daß in einem axialen Abstand von dem Grundkörper eine Stützplatte (22) angeordnet ist, daß die Stützplatte (22) bezüglich der Längsachse der Welle (18) eine feste axiale Stellung einnimmt und daß die Federeinrichtung Druckfedern (28) enthält, die zwischen dem Grundkörper (26) und der Stützplatte (22) angeordnet sind und die die Stützplatte bezüglich des Grundkörpers in einer praktisch parallelen Lage halten.
14. Zentrifuge nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Antriebsmotor (20) auf der Stützplatte (22) derart befestigt ist, daß sich die Motorwelle längs einer Achse senkrecht nach oben erstreckt, die durch den Drehpunkt läuft, und daß die drehbare Welle (18) eine Verlängerung der Motorwelle darstellt und von dieser direkt angetrieben und unterstützt wird.
15. Zentrifuge nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Zentrifugenrad (10) einen gewichtsmäßig leichten tellerförmigen Radkörper (12) enthält, an dessen Rand die becherförmigen Halter (34) zur Aufnahme der Probenbehälter (14) angeordnet sind und der von dem Zentrifugenrad (10) abgenommen werden kann, so daß die Probenbehälter als Gruppe in eine andere Vorrichtung eingesetzt und verarbeitet werden können.

16. Zentrifuge nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß energieabsorbierende Bauelemente (38, 40) vorgesehen sind, die auf von der vertikalen Lage der Welle abweichende Schwenkbewegungen ansprechen, um die Vibrationsenergie der kombinierten Zentrifugenrad-Wellen-Anordnung zu absorbieren und demzufolge die Vibrationsamplituden bei geringen Frequenzen gering zu halten.
17. Zentrifuge nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die energieabsorbierenden Bauelemente mehrere hydraulische Stoßdämpferelemente enthalten.
18. Zentrifuge nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Federeinrichtung stoßdämpfende Federn (42) enthält, die wirksam werden, wenn die Vibrationsausschläge eine vorgegebene Amplitude überschreiten, um die Federkonstante zu erhöhen und dadurch ein weiteres Ansteigen der Vibrationsamplitude und eine Beschädigung der Anordnung zu verhindern.
19. Zentrifuge nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die festen Körper (32A, 32B) derart ausgebildet sind, daß sie zum Verschieben in ihre Kompensationsstellung auf der unteren Oberfläche der Kammer (30) gleiten müssen.
20. Zentrifuge nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die untere Oberfläche der Kammer (30) und bzw. oder die mit dieser Oberfläche in Berührung stehende Fläche der Ausgleichskörper (32A, 32B) rutschfest ausgebildet ist.

2152840

- 18 -

21. Zentrifuge nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die festen Körper (32A, 32B) eine zylindrische Form haben.

Re/Li/Ho

209823/0607

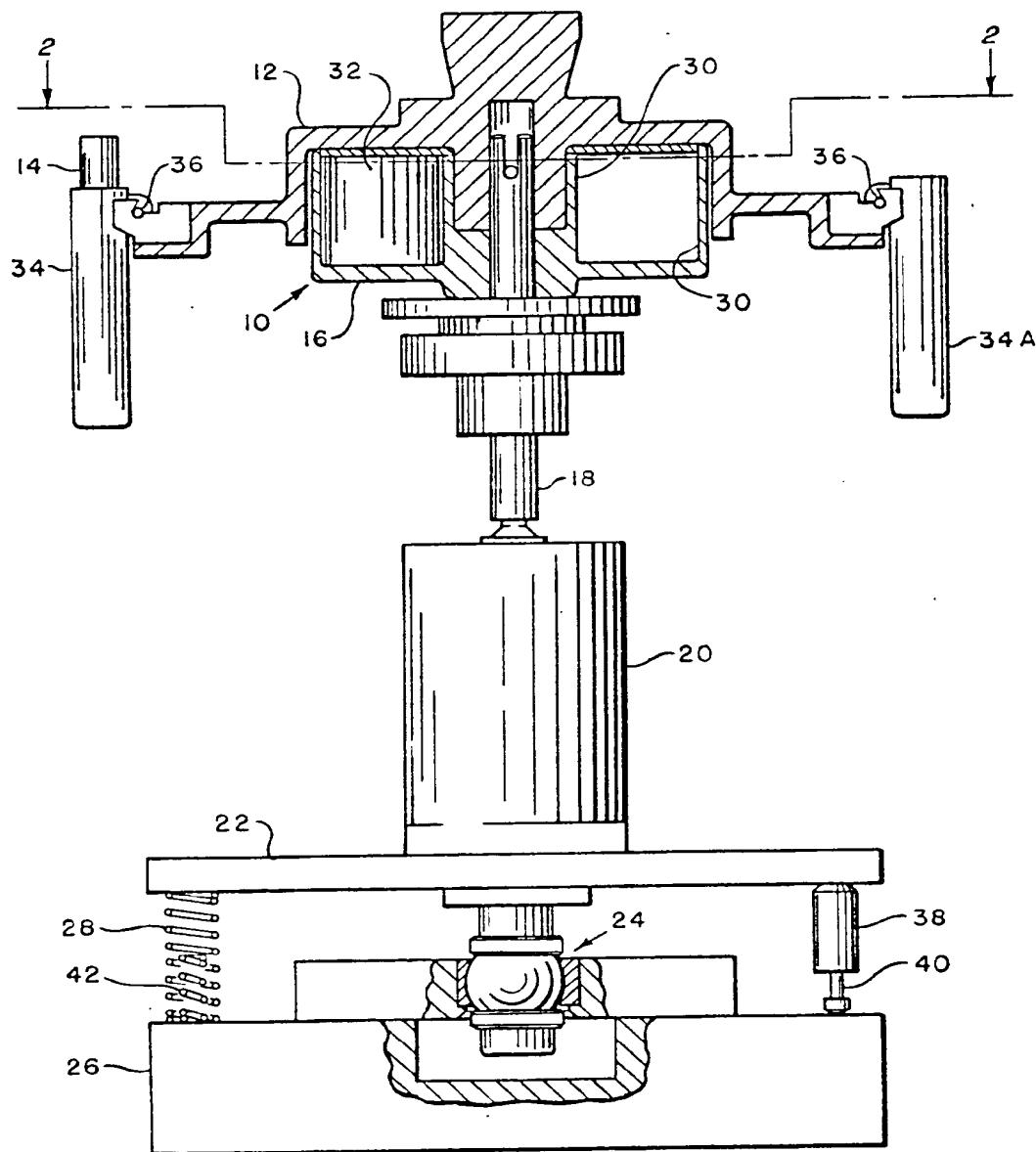
49 Leerseite

2152840

82 b - 9 - AT: 23.10.1971 OT: 31.05.1972

-91-

FIG. 1



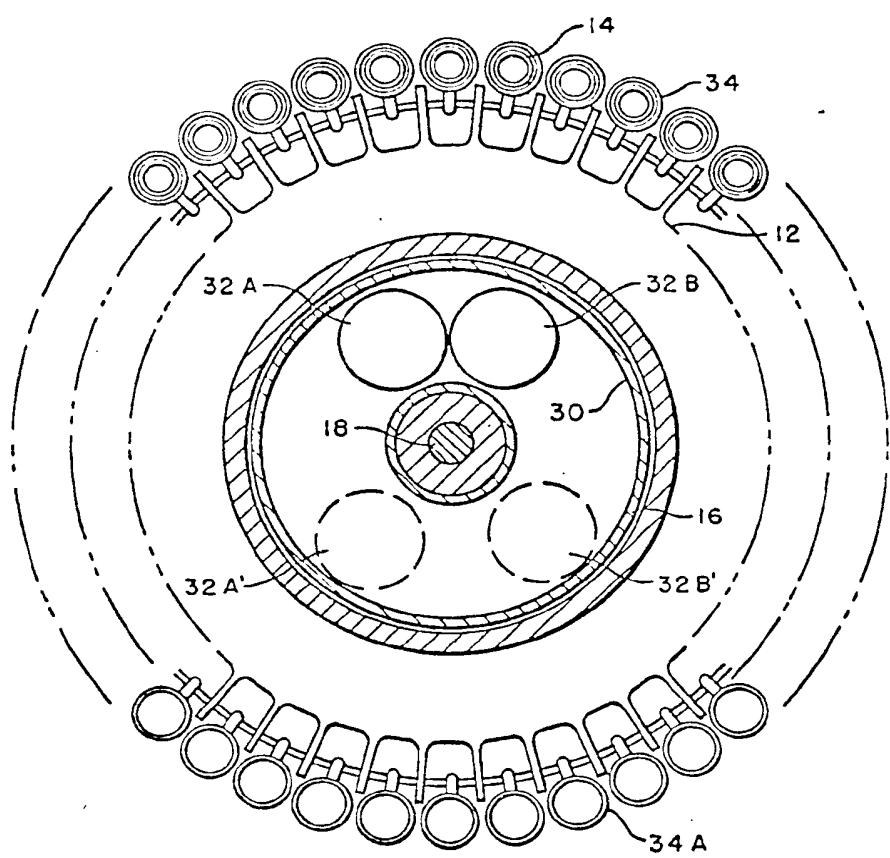
ORIGINAL INSPECTED

209823/0607

2152840

-20.

FIG. 2



209823/0607